

# INFORME DRIS

---

NORMAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ANÁLISIS FOLIAR DEL OLIVO, PARTIENDO DE LA BASE DE DATOS DE FERTIBERIA



*OLIVARES DE JAÉN*

**Por: J.J. Lucena, S. Ruano, P. García-Serrano, I. Ginés e I. Mariscal-Sancho**

**IGNACIO DE LOYOLA MARISCAL SANCHO**

CAMINO DE LOS VINATEROS 53

MADRID 28030

TF. 914302420-610970365

[akira\\_mariscal@hotmail.com](mailto:akira_mariscal@hotmail.com)

2002

Colaboración de Fertiberia con la Universidad Autónoma de Madrid a través del  
Master de Fertilizantes y Medio Ambiente de la UAM. 28049 Madrid

## ÍNDICE:

<b>Índice.....</b>	<b>3</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
I.    Tendencia a la máxima producción.-----	5
II.   Métodos cuantitativos de diagnóstico -----	6
III.  DRIS. Un buen sistema de control del equilibrio nutritivo. -	9
IV.   Conocimientos del olivar. -----	11
<b>Objetivo del estudio .....</b>	<b>15</b>
<b>Metodología del estudio.....</b>	<b>16</b>
I.    Datos.-----	15
II.   Cálculo de normas. -----	16
III.  Cálculo de índices. -----	18
IV.   Interpretación de los índices. -----	21
<b>Validación de las normas .....</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>24</b>

## **RESUMEN**

Obtención de normas para el análisis foliar del olivo en Jaén según ***“Diagnosis and Recommendation Integrated System” (DRIS)*** partiendo de la base de datos de FERTIBERIA.

El DRIS es un ventajoso sistema de diagnóstico del estado nutricional de las plantas y si se corrobora la eficacia de desarrollar este sistema para el olivo, a partir de la base de datos de FERTIBERIA, podría ser aplicado a otros cultivos en sus respectivas zonas. Con los resultados obtenidos en el desarrollo del DRIS para el olivar en Jaén se puede valorar esta utilidad de la base de datos.

## INTRODUCCIÓN

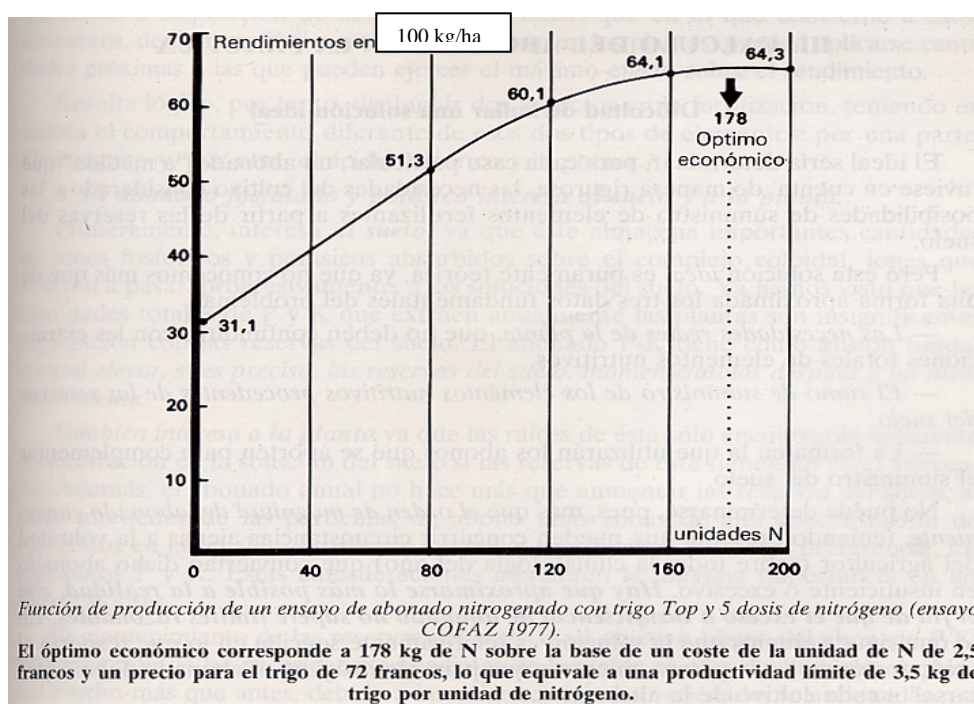
### I TENDENCIA A LA MÁXIMA PRODUCCIÓN

El objetivo de las explotaciones agrícolas actuales es obtener el mayor rendimiento económico posible.

Eliminando el factor limitante del agua, los cultivos tienen una marcada respuesta a la fertilización racional, existiendo una interacción positiva entre el agua y los abonos.

Para obtener el máximo beneficio de la fertilización, es decir, para saber a partir de qué dosis el aumento de producción obtenida ha sido inferior a la “productividad límite” (cantidad de un producto agrícola con la que se puede pagar el abono que ha producido tal aumento de cosecha) hay que conocer la respuesta del cultivo a la fertilización racional y tener en cuenta los datos del precio del producto obtenido y de los fertilizantes a utilizar (1).

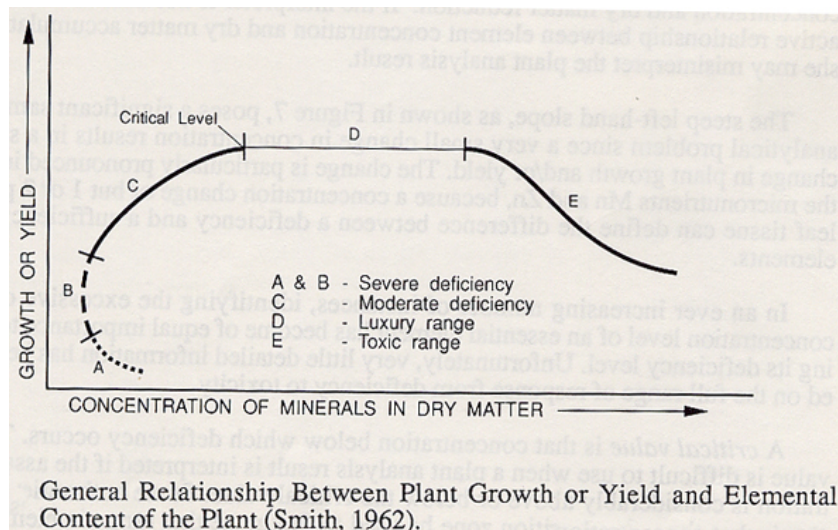
**Figura N°1** “*Óptimo económico*” indicado dentro de la gráfica de respuesta del cultivo a la fertilización.



El óptimo económico del abonado normalmente es ligeramente menor al correspondiente a la máxima producción, como nos muestra el ensayo COFAZ 1977. (Fig.1)

De esta forma queda justificada la tendencia de aplicar los fertilizantes para acercarse a la máxima producción permitida por la genética de la planta y evitar en la medida de lo posible el consumo de lujo por razones de ahorro y medio ambiente (2) Fig. 2 (manteniendo los parámetros de calidad exigidos por el mercado).

**Figura N°2** Relación del crecimiento de la planta y su concentración mineral. (Se puede observar el intervalo de consumo de lujo (D) y el de toxicidad (E)).



## II. MÉTODOS CUANTITATIVOS DE DIAGNÓSTICO (3)

El análisis foliar total está basado en el hecho de que la hoja es el órgano con mayor actividad metabólica. De esta forma, las variaciones en la nutrición se podrán observar con más facilidad en dicho órgano (18). La toma de muestras debe ser cuidadosamente estandarizada y los métodos de análisis deberían ser similares en todos los laboratorios siguiendo el procedimiento descrito en los Métodos Oficiales de Análisis del MAPA.

La comparación de los análisis con las normas viene realizándose de distintas maneras. Algunas de ellas utilizan simples comparaciones entre la concentración del elemento dado y su norma (métodos estáticos). Pero otras utilizan relaciones entre dos

elementos o incluso relaciones multicomponentes (métodos dinámicos). En el primer caso se incluyen los métodos tradicionales de **Critical Value Approach (CVA)**, o mejor el **Critical Nutrient Range (CNR)**. Con éstos métodos sólo se puede saber cuando la concentración de un nutriente se encuentra en el rango de suficiencia (o sobre el valor crítico) para las plantas estudiadas, o si es un factor limitante para la producción respecto a una norma fija.

Los métodos tradicionales tienen serias limitaciones. Ya que la concentración total depende de la edad o desarrollo de la hoja, posición de la hoja en la planta, el momento del muestreo (periodos de sombra conllevan efectos de concentración y periodos de luminosidad conllevan efectos de dilución), balances de nutrición, presencia de elementos beneficiosos o tóxicos, etc. (2)

Según los resultados obtenidos por Sarro M.J. (19) la concentración de fósforo en un hoja de dos variedades de tomate puede variar en el plazo de un mes en más de un 50% respecto al valor inicial, demostrando que la elección de la época de muestreo es un factor crítico. Además, las variaciones obtenidas no son iguales para ambas variedades, por lo que no puede obtenerse una referencia que sea utilizada para ambas.

La **Desviación del Óptimo Porcentual (DOP)**, también considerado un método estático, usa una comparación de la concentración del nutriente respecto a una norma, pero una expresión porcentual (Montañés et al, 1991 y 1993; Monge et al, 1995) (20). En otras palabras, hace una cuantificación de la cantidad que un dato se diferencia de la norma. Esto permite una clasificación de los nutrientes en el orden de su efecto limitante. De esta forma el sumatorio de los valores absolutos de los índices representa el balance nutricional completo de la planta. Sin embargo no tiene en cuenta tampoco la variabilidad debida al momento del muestreo, ni las relaciones entre los nutrientes. Este método es muy simple de aplicar y sus resultados son muy similares a los obtenidos usando DRIS. Por lo que muchos científicos y agrónomos lo están utilizando como método rutinario de diagnóstico.

Otros elementos usan la información que puede ser obtenida de las razones entre elementos (métodos dinámicos), como el **"Balance nutriente evolutivo"**, propuesto por Carpena (25) o **"Diagnosis and Recommendation Integrated System" (DRIS)**



desarrollado por Beaufils (26) y recientemente el “**Compositional Nutrient Diagnosis**” (**DOP**) (Parents et al, 1992) (21). Todos ellos intentan mejorar el diagnóstico respecto a la edad de la planta, efectos de dilución y concentración, además de las interacciones entre nutrientes.

**El DRIS** usa índices para cada nutrientes, obtenidos desde la media aritmética de funciones calculadas teniendo en cuenta, las relaciones de todas las parejas de los elementos en la que interviene el elemento considerado, (Walworth y Summer, 1987) (5). Estas relaciones están elegidas de tal manera que su variación con la edad de la hoja sea mínima y aunque normalmente es el cociente entre los elementos, puede ser también el producto. En el cálculo de las funciones interviene el coeficiente de variación (C.V) de la norma de la relación entre los elementos. Si este coeficiente de variación es bajo indica que los elementos están bien correlacionados fisiológicamente y la función tendrá alta repercusión en el cálculo de los índices. Este método tiene una buena correlación inversa entre el rendimiento y el sumatorio de todos los índices en valor absoluto. Esto implica que un buen balance nutricional es más importante para un alto rendimiento que el efecto de un único nutriente. Han sido propuestas numerosas modificaciones de este sistema como M-DRIS, que consideran la materia seca (M). Una buena recopilación de las publicaciones de las normas DRIS se encuentra en Beverly, 1991(4).

**Compositional Nutrient Diagnosis (CND)** es una técnica nueva que ha sido desarrollada en Canadá por Parent y colaboradores (21). Este método también calcula índices individuales para cada elemento, pero considera sus razones respecto a la media geométrica, G, de todos los nutrientes y componentes de la planta. R denota la cantidad no considerada por los elementos analizados, correspondiente al C-O-H, y es un parámetro más significativo que la materia seca utilizada en M-DRIS.

La ventaja respecto al DRIS es que usa razones entre elementos respecto a la composición total. Como consecuencia, el efecto de la variabilidad que tiene un nutriente dado en el resto de los componentes, está incluido en el efecto global. Y no varios efectos individuales sobre cada uno de los elementos. Además el cálculo es muy sencillo, incluso cuando utilizamos todos los elementos, macronutrientes y micronutrientes. Sólo necesitamos calcular el factor G de nuestras muestras y hacer un cálculo sencillo de nuestros índices. Se incluye igualmente un factor relacionado por la



producción de la planta y muestra ser un índice con mayor correlación con el rendimiento que el sumatorio utilizado en el DRIS.

A pesar que esta metodología no está siendo extendida en la actualidad, puede ser fácilmente aplicable, ya que podría utilizar las mismas normas desarrolladas para el DRIS, si es conocida la desviación estándar de cada uno de sus elementos.

### III. DRIS. UN BUEN SISTEMA DEL CONTROL DEL EQUILIBRIO NUTRITIVO

Para controlar la respuesta del cultivo a la fertilización y detectar problemas que perjudiquen al rendimiento, impidiendo la máxima producción, es imprescindible el diagnóstico de la nutrición mineral y para ello el análisis foliar es la técnica más importante. De esta forma los análisis foliares en los laboratorios agrícolas están en aumento, además se considerar al suelo en muchas explotaciones como un “simple” soporte.

Los criterios estáticos de interpretación que comparan la concentración de cada uno de los nutrientes con respecto a una norma (diagnóstico tradicional) tienen varias limitaciones que surgen de esta aproximación, que en parte pueden ser superadas con el uso de métodos que consideran el tiempo y el equilibrio entre los nutrientes, como son el DRIS y el CND entre otros.

En el siguiente estudio se compararon los diferentes métodos y sus correlaciones con el rendimiento (3). Tabla 1

**Tabla 1.** Comparativa entre sistemas de diagnóstico vegetal

<i>Comparación de métodos de interpretación del análisis foliar</i>			
	<i>Cálculos</i>	<i>Normas</i>	<i>Correlación con producción</i>
NC y RS	Directa	Muchas	Media
DOP	Fácil	Pocas	Suficiente
DRIS	Complicados	Pocas	Buena
CND	Media	Muy pocas	Muy buenas (pocos cultivos)

Como se observa el DRIS y el CND son los que presentan mejor correlación con la producción. Cabría pensar que el CND es el mejor método, pero ha sido estudiado para pocos cultivos.

***El DRIS (Diagnosis Recommendation Integrated System)*** es un sistema dinámico de interpretación basado en la comparación de relaciones entre nutrientes, normas con los que se establecen índices. El DRIS está desarrollado para:

- a) Proporcionar diagnósticos válidos independientemente de la edad de la planta o el origen del tejido.
- b) Ordenar los nutrientes en base a su carácter limitante.
- c) Enfatizar la importancia del equilibrio entre los nutrientes. (4)

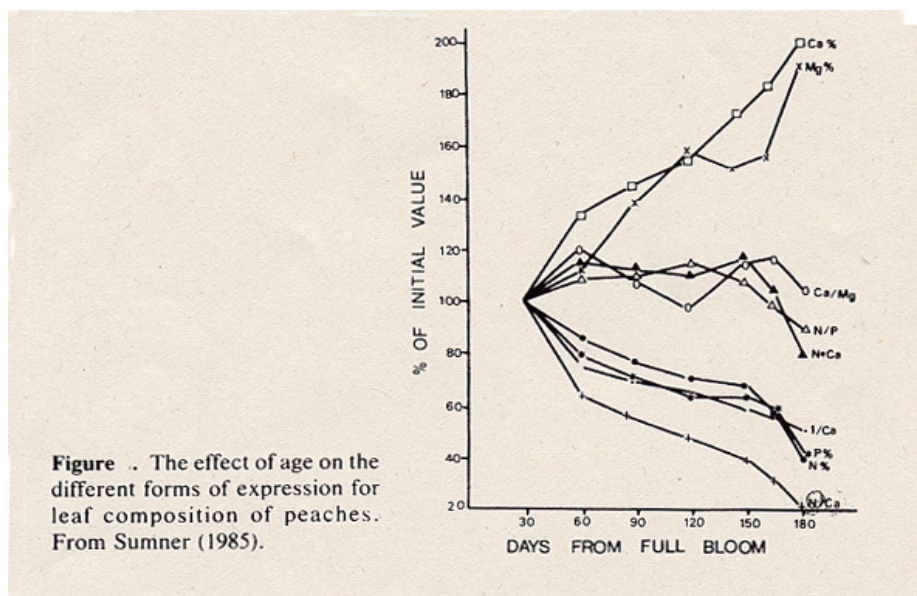
Existe una amplia bibliografía con la que se ha ido mejorando y extendiendo la utilización de este sistema.

El primer paso para hacer efectivo el DRIS o cualquier otro sistema de diagnóstico, es el establecimiento de las normas (5 y 6). En este trabajo se han obtenido las normas DRIS para el olivo, asimismo se ha elaborado las de los sistemas DOP y CND.

En la práctica es más apropiado la obtención de las normas para condiciones locales (4) y en nuestro caso elegimos la provincia de Jaén por su notable importancia, donde se estima que en el año 2000 había unas 210.000 ha de olivares de regadío.

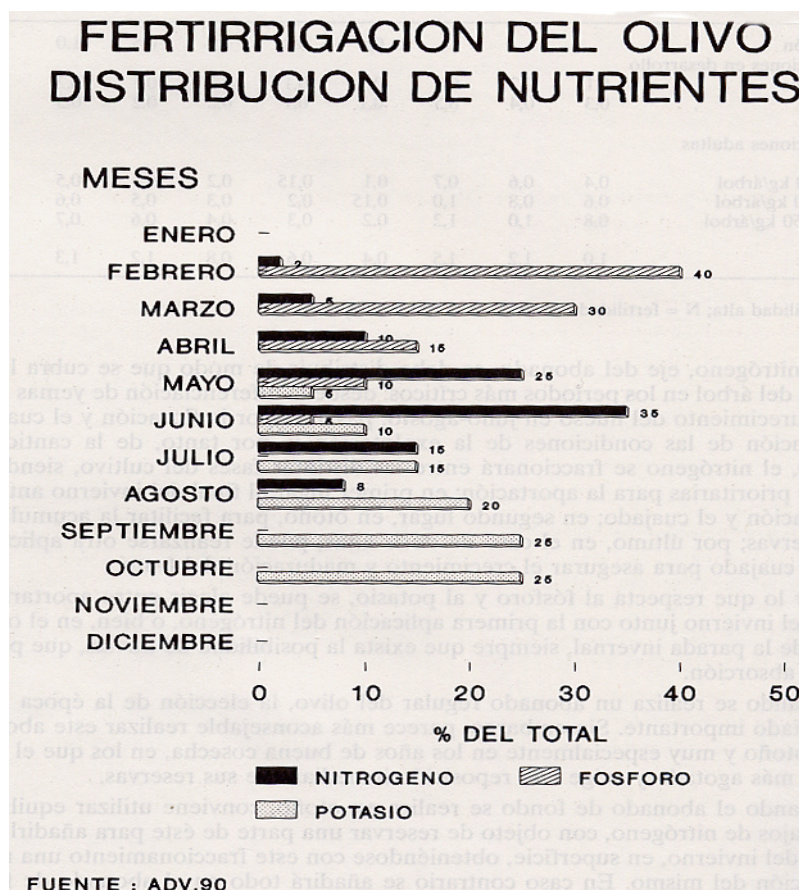
De acuerdo con Sumner (8) la metodología DRIS tiene una importante ventaja y es que el tiempo en el ciclo fenológico es irrelevante y raramente se tiene en cuenta a la hora de toma de muestra (9) (fig. 3). Ventaja muy interesante ya que la concentración de nutrientes en tejido vegetal puede variar significativamente en relativamente poco tiempo. Sin embargo el muestreo, para la utilización de un sistema de diagnóstico tradicional, debe efectuarse en una época en que las concentraciones de los elementos en hoja sean estables. Esto sucede en el olivo en el mes de junio y durante el reposo invernal por lo que para la utilización del sistema tradicional de diagnóstico hay que tener en cuenta la edad y la posición de la hoja y en el caso del olivo se debe tomar hojas de brotes del año en posición media o basal que contengan el peciolo. (16).

**Figura N°3** Comparativa entre la variación de la concentración de nutrientes y sus relaciones (utilizadas por el DRIS) en el tiempo. (28)



#### IV. CONOCIMIENTOS DEL OLIVAR

**Figura N°4** Fertirrigación del olivar, distribución de nutrientes (1)



Con un adecuado diagnóstico del análisis foliar, el control del equilibrio nutritivo del cultivo aumenta, permitiendo una notable mejoría en la producción.

Existen numerosos estudios que permiten, con las técnicas apropiadas y el debido control, la obtención de una producción alta. Estos estudios siguen desarrollándose y se van aplicando a la práctica, estando al alcance del agricultor que debe ser, al fin y a cabo, uno de los principales beneficiarios de los avances agronómicos.

A modo de ejemplo, mostramos en la figura 4, tablas 2, 3 y 4 algunas de las informaciones que el agricultor del olivar puede utilizar.

**Tabla N°2** Interpretación de análisis foliar tradicional. (22)

CULTIVO OLIVO						
PARTE ANALIZADA HOJAS ULTIMA PRIMAVERA		CONCENTRACION DEL ELEMENTO EN LA PLANTA				
ELEMENTO	UNIDAD	CARENCIA	NIVEL OPTIMO			TOXICIDAD
			MINIMO	MEDIO	MAXIMO	
NITROGENO	%	<1,20	1,20-1,60	1,61-1,90	1,91-2,00	
FOSFORO	%	<0,04	0,04-0,10	0,11-0,20	0,21-0,30	
POTASIO	%	<0,40	0,40-0,60	0,61-1,00	1,01-2,00	
MAGNESIO	%	<0,10	0,10-0,25	0,26-0,60	0,61-1,00	
CALCIO	%	<0,60	0,60-1,00	1,01-2,50	2,51-4,00	
SODIO	%		0,28			
AZUFRE	%	<0,10	0,10-0,16	0,17-0,25		
CLORO	%			0,55		
COBRE	ppm	<2	2-10	10-150	150-300	
ZINC	ppm	<10	10-30	30-70	70-150	
MANGANESO	ppm	<5	5-35	35-150	150-200	
HIERRO	ppm	<40	40-90	90-200	200-500	
BORO	ppm	<13	13-20	20-50	50-100	
MOLIBDENO	ppm					>200
DEPARTAMENTO AGRONOMICO FERTIBERIA			SEPTIEMBRE 2000			



**Tabla N°3.** Referencia de kg de nutrientes necesarios por árbol. (1)

Dosis orientativas de elementos fertilizantes para el abonado del olivo según tipo de explotación y nivel de fertilidad del suelo. (En kg de nutrientes por árbol)									
Tipo de explotación	Nitrógeno			Fósforo			Potasio		
	A	N	B	A	N	B	A	N	B
Plantación				0,4	0,8	1,2	0,5	1,0	2,0
Explotaciones en desarrollo									
1-3 años	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
4-8	0,3	0,4	0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Explotaciones adultas									
Secano:									
Hasta 30 kg/árbol	0,4	0,6	0,7	0,1	0,15	0,2	0,4	0,5	0,6
De 30-50 kg/árbol	0,6	0,8	1,0	0,15	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
Más de 50 kg/árbol	0,8	1,0	1,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8
Regadío:	1,0	1,2	1,5	0,4	0,6	0,8	1,2	1,3	1,5

A = fertilidad alta; N = fertilidad normal; B = fertilidad baja.

**Tabla N°4.** Otra referencia de kg de nutrientes por hectárea teniendo en cuenta el volumen de las copas.

Necesidades de abonado de diferentes olivares tipo							
Densidad olivos/ha	Volumen copa m3/ha	Diámetro copa (m)	CAPACIDAD PRODUCTIVA t / ha	N kg/ha	P2O5 kg/ha	K2O kg/ha	MgO kg/ha
100	8000	5,8	5,7	86	23	86	17
	10000	6,3	6,7	101	27	101	20
	12000	6,7	7,5	113	30	113	23
200	8000	4,5	7,5	113	30	113	23
	10000	4,9	8,6	129	34	129	26
	12000	5,2	9,7	146	39	146	29
300	8000	3,9	8,7	131	35	131	26
	10000	4,1	10,1	152	40	152	30
	12000	4,4	11,5	173	46	173	35

Hay otros muchos estudios viables y útiles, como necesidades de nutrientes secundarios, riegos, podas, control de la floración, fertilizantes mejor asimilables, tratamientos fitosanitarios, toma de muestras, análisis etc. como describen Pastor, M. (11) y colaboradores (15); Ferreira, J. (16) y Fernandez – Escobar, R. (17) entre otros.

## **OBJETIVO DEL ESTUDIO.**

El objetivo del estudio es obtener normas de diagnóstico DRIS (al igual que CND y DOP) para el olivar de la zona Picual, partiendo de la base de datos de FERTIBERIA.

El sistema de diagnóstico DRIS, permite un estudio del estado nutricional de los cultivos más preciso, completo y mejor correlacionado con la producción que el sistema tradicional, ya que tiene en cuenta el equilibrio entre los nutrientes. Dichos nutrientes los ordena en función a su carácter limitante. Además la época de recogida de la muestra no influye en gran medida en el diagnóstico de este sistema.

La finalidad de un buen diagnóstico es una adecuada recomendación de abonado que permita la obtención de la máxima producción, con el consiguiente beneficio del agricultor. Estas ventajas justifican el presente trabajo.

El estudio de la aplicación de las normas obtenidas en el trabajo, nos permite comprobar el sistema de diagnóstico y en su caso ir mejorándolo. Asimismo nos informará de la posibilidad de explotar la base de datos de Fertiberia en esta dirección, con el gran abanico de cultivos y zonas con datos suficientes para desarrollar este sistema de diagnóstico.

.

## **METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### **I. DATOS**

Fertiberia posee en Huelva un laboratorio agronómico donde se realizan análisis vegetales, de aguas y tierras. Los métodos analíticos utilizados en este laboratorio están basados en los métodos oficiales publicados en el MAPA (13) y participan en ensayos intercomparativos con diversos laboratorios como control de sus resultados analíticos. El laboratorio posee una amplia experiencia y profesionalidad que ha permitido recopilar una importante base de datos.

Cuanto más datos se utilicen para el desarrollo de las normas DRIS, dichas normas serán más representativas. En nuestro caso han sido utilizados 355 análisis foliares completos (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Zn, Cu y Mn) de olivo (variedad Picual) de riego localizado, mayores de 10 años de la provincia de Jaén y correspondientes a los años 1999, 2000 y 2001.

Se eligió la provincia de Jaén por su importancia en el sector olivar. Se estima que en el año 2001 existían 210.000 ha de olivar en regadío y debido a que la mayoría de sus olivares son de una misma variedad, la Picual.

En relación con las características productivas, España se puede considerar dividida en diez zonas. La primera y más importante es la denominada Picual (16) por la predominancia de la variedad "Picual", ocupa la totalidad de la provincia de Jaén, el norte de la de Granada (comarca de Iznalloz) y el este de la de Córdoba (Comarca de Bujalance). La extensión olivarera es de unas 600.000 ha, muy productivas, destinadas a la elaboración de aceites caracterizados por una gran estabilidad, alto contenido en ácido oleico y en polifenoles.

Para la obtención de las normas, será tanto mejor cuando, los análisis tenidos en cuenta correspondan a explotaciones que tengan unas mayores producciones ya que la obtención de normas se basa en el estudio comparativo de funciones de nutrientes con las respectivas producciones. Por ello, se seleccionaron los análisis correspondientes a



plantaciones mayores de 10 años que en general se pueden considerar en plena producción y de regadío localizado el cual se está extendiendo con rapidez debido a sus probados beneficios.

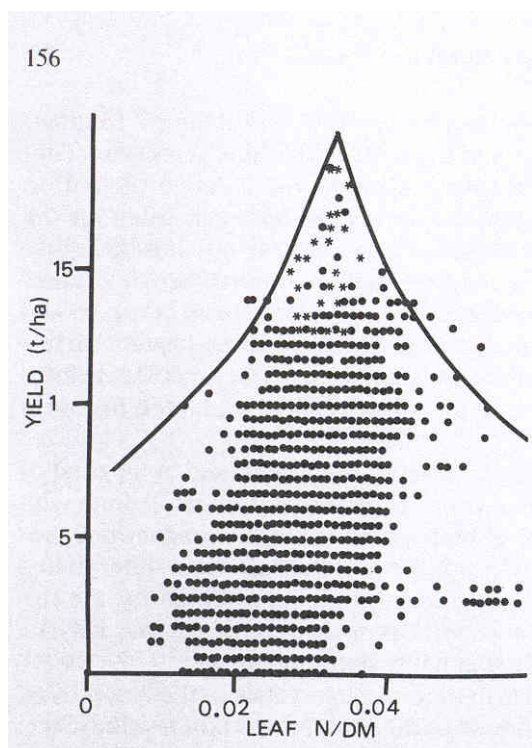
El dato de producción del que disponemos corresponde a la producción esperada por el agricultor en el momento de la recogida de muestras foliares para el análisis. Estos análisis tienen como finalidad una recomendación de abonado, por lo que el agricultor al cumplimentar este dato es coherente para que dicha recomendación sea la apropiada y al ser conocedor de las producciones de las temporadas pasadas y del estado de su explotación consideramos este dato significativo y por lo tanto útil para nuestro diagnóstico.

En el cálculo de normas DRIS se utilizaron las producciones por hectárea en vez de por árbol, ya que se observó mayor ajuste a los modelos teóricos en el cálculo de dichas normas, debido quizás a que se producen ciertas correcciones y a la indudable interrelación entre los árboles de una misma explotación. Y no se utilizó la producción por m<sup>3</sup> de copa ya que se carece de dicho dato.

## II. CALCULO DE NORMAS DRIS.

Primeramente se realizó el estudio de los macronutrientes; nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y posteriormente con la misma metodología se siguió el estudio con los micronutrientes; hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn) y cinc (Zn). También se estudió la posibilidad de incluir el cobre (Cu), pero debido a los tratamientos fungicidas (normalmente compuestos a base de azufre y cobre) que son objeto la gran mayoría de las plantaciones, existe una gran variabilidad en la concentración en hoja de este elemento que difícilmente se correlaciona con la producción. A este respecto cabe mencionar que los productos químicos tienen un papel muy importante en la lucha contra las plagas, si bien, deben utilizarse solo en el caso que no haya otro sistema eficaz que lo sustituya (24).

Si hacemos una gráfica de la concentración de un elemento (o relación de elementos) frente a sus respectivas producciones de numerosas muestras, deberán dibujar la superficie bajo una gráfica parecida a la mostrada en la figura 5. Para la cual fueron utilizadas unas 8.000 muestras de maíz de todo el mundo.

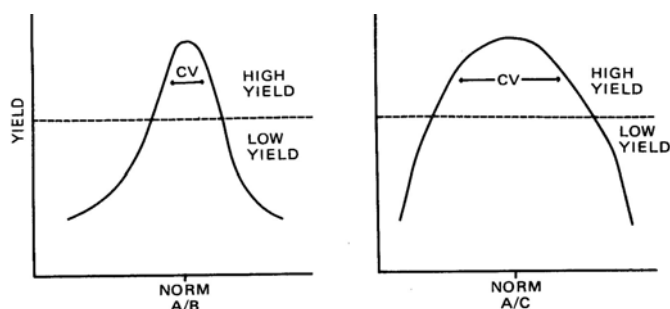


**Figura N°5:**producción de maíz frente a la razón N/DM (Materia seca). (7)

Posteriormente se estudian las relaciones entre los nutrientes. Para un par de nutrientes dados hay tres relaciones a considerar. Por ejemplo, los nutrientes Nitrógeno y Fósforo pueden ser afines por la relación N/P, P/N o por  $P \times N$ . El DRIS sólo tiene en cuenta una de estas relaciones y para elegir la mejor se procede de la siguiente manera. Se considera el rendimiento frente la expresión nutritiva a estudiar (la división, el inverso o la multiplicación) representada esquemáticamente en la figura 6.

Posteriormente se hace un corte para separar las muestras en un grupo de muy alta producción y el resto. Para dicho corte se eligió 8500 kg oliva/ha que, según los datos estudiados es indudablemente una buena producción y que corresponde al 11.8 % de las 355 muestras iniciales, es decir un grupo de datos suficientemente grande para continuar el cálculo de normas.

Se estudió el coeficiente de variación del grupo de alta producción y se elige la relación que muestre menor coeficiente de variación C.V, ya que esto significa que dicha relación presenta mejor correlación con la producción. (Fig 6)



**Figura N°6** Representación esquemática de la relación entre la productividad y dos razones de nutrientes A/B, A/C.

De esta forma se obtuvieron las normas DRIS (Tabla 5) que nos sirven para el cálculo de los índices DRIS a partir de un análisis foliar concreto. Este índice nos indica, teniendo en cuenta el equilibrio nutricional, los elementos que limitan la producción y en que magnitud.

### III. CÁLCULO DE ÍNDICES

El cálculo de índices para el DRIS y de los diagnósticos CND, DOP se resume en la tabla 5.

TABLA 5.1 (3)

*Parámetros, ecuaciones y funciones en los diferentes métodos de interpretación del análisis foliar*

A, B..., N: concentraciones de nutrientes

$\bar{a}, \bar{a/b}$ : normas: medias de nutrientes, relaciones de nutrientes

CV y SD: coeficiente de variación y desviación estándar de la norma

	Expresión	Normas	Funciones	Indices	Producción
DRIS	A/B	$\bar{a/b}, CV_{a/b}$	$f(A/B) = \frac{A/B - \bar{a/b}}{\text{mínimo}(A/B, \bar{a/b})} \times \frac{1.000}{CV_{a/b}}$	$I_A = \frac{f(A/B) + f(A/C) + \dots + f(A/N)}{z}$	$1 / \sum  I_i $
DOP	A	$\bar{a}$		$I_A = \frac{A - \bar{a}}{\bar{a}} \times 100$	$1 / \sum  I_i $
CND*	A/G	$V_a = \ln \frac{\bar{a}}{g}$	$V_A = \ln \frac{A}{G}$	$I_A = \frac{V_A - V_a}{SD_a}$	$1 / (\sum  I_i ^2)^{1/2}$
		donde	donde		
		$g = (\bar{a} \times \bar{b} \times \dots \times \bar{n} \times \bar{R})^{\frac{1}{z+1}}$	$G = (A \times B \times \dots \times N \times R)^{\frac{1}{z+1}}$		
		$\bar{R} = 1 - (\bar{a} + \bar{b} + \dots + \bar{n})$	$R = 1 - (A + B + \dots + N)$		

(\*) Explicación en el texto.

(Donde Z es el número de funciones que comprende el nutriente del cual se está calculando el índice). Ver tablas 6 y 7.

Primeramente se calculan las funciones mostradas en la Tabla N°6 a partir de las normas y de las concentraciones de los nutrientes analizados de la muestra en particular y por último con estas funciones se calculan los índices de cada nutriente.

Los índices DRIS de los nutrientes son simplemente una función de todas las razones que contienen un nutriente dado, dichas funciones están indicadas en la tabla 6.

Se utilizó una hoja de Excel para obtener los índices o diagnóstico de cada nutriente con solo introducir las concentraciones obtenidas en los análisis de la muestra vegetal estudiada.

En una misma hoja de cálculo se obtienen los índices o diagnóstico según los diferentes sistemas estudiados; RS (rango de suficiencia) o sistema tradicional, DOP, DRIS y CND a partir de las normas anteriormente obtenidas.

**Tabla N°6.** Obtención de los diagnósticos de una muestra foliar, donde en la fila “diagnóstico” se indican los elementos limitantes por orden de importancia (macronutrientes)

Cultivo. Olivo						
Muestra	3					
Resultado del análisis		-----	%	-----		
		N	P	K	Ca	Mg
		2,02	0,1	0,86	2,16	0,21
<u>Diagnóstico tradicional</u>						
Normas	bajo	1,6	0,1	0,6	1	0,25
	suficiente	1,61-1,90	0,11-0,20	0,61-1,00	1,01-2,50	0,26-0,60
	alto	1,91	0,21	1,01	2,51	0,61
Diagnóstico		alto	normal	normal	normal	bajo
<u>D.O.P.</u>						
Normas	(de DRIS)	1,834	0,106	0,889	1,718	0,172
	(CV DRIS)	9,563	11,617	24,436	23,413	15,435
Índices		N	P	K	Ca	Mg
		10	-6	-4	25	22
Diagnóstico		Σ [I] = 67				
		P>K				

<u>D.R.I.S.</u>		P/N	K/N	N x Ca	N x Mg	K/P	P x Ca	P x Mg	K x Ca	K x Mg	Ca/Mg
Datos		0,050	0,426	4,363	0,424	8,600	0,216	0,021	1,858	0,181	10,286
Normas	medias	0,058	0,488	3,138	0,315	8,461	0,181	0,018	1,490	0,150	10,134
	C.V.	12,356	25,510	23,698	18,280	24,602	24,646	14,691	26,756	23,063	22,729
funciones		-13,888	-5,732	16,476	18,964	0,668	7,846	11,345	9,221	8,845	0,659
índices		N	P	K	Ca	Mg					
		14	1	3	9	10	Σ [I] =		36		
(nuevos índices)		6	-6	-4	1	2	Σ [I] =		20		
Diagnóstico (factor limitante)			P>K								
<u>C.N.D.</u>		N	P	K	Ca	Mg	R	G			
Datos		0,020	0,001	0,009	0,022	0,002	0,947	0,014			
Normas	V <sub>A</sub>	0,368	-2,637	-0,486	0,435	-1,896	4,215				
	medias	0,018	0,001	0,009	0,017	0,002	0,953	0,013			
	V <sub>a</sub>	0,352	-2,502	-0,398	0,265	-2,024	4,307				
	S.D.	0,089	0,117	0,239	0,219	0,157	0,053				
índices		N	P	K	Ca	Mg	R				
		0,18	-1,16	-0,37	0,78	0,82	-1,74	Σ [I] <sup>2</sup> =		2,80	
Diagnóstico			P>K								

**°Tabla Nº8** Obtención de los diagnósticos de una muestra foliar, donde en la fila “diagnóstico” se indican los elementos limitantes por orden de importancia (micronutrientes).

<b>Cultivo.</b>						
<b>Olivo</b>						
<b>Muestra</b>		<b>3</b>				
<u>Resultado del análisis</u>		ppm (mgr/l)				
		<b>Fe</b>	<b>B</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
		136,75	48	31,75	20,5	63,75
<u>Diagnóstico tradicional</u>						
Normas		40	20	35	30	10
suficiente		91-200	21-50	36-150	31-70	11-150
alto		201	51	151	71	151
Diagnóstico		<b>normal</b>	<b>normal</b>	<b>bajo</b>	<b>bajo</b>	<b>normal</b>
<u>D.O.P.</u>						
Normas (de DRIS)		<b>99,1</b>	<b>30,2</b>	<b>53,0</b>	<b>17,0</b>	
(CV DRIS)		<b>52,7</b>	<b>45,7</b>	<b>33,6</b>	<b>40,5</b>	
Índices		<b>Fe</b>	<b>B</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	
		<b>37</b>	<b>58</b>	<b>-41</b>	<b>20</b>	<b>Σ [I] = 156</b>
Diagnóstico		<b>Mn</b>				
<u>D.R.I.S.</u>		B/Fe	Mn/Fe	Zn/Fe	B/Mn	B/Zn Mn/Zn
Datos		0,351	0,232	0,150	1,512	2,341 1,549
Normas medias		0,344	0,619	0,192	0,625	1,857 3,524

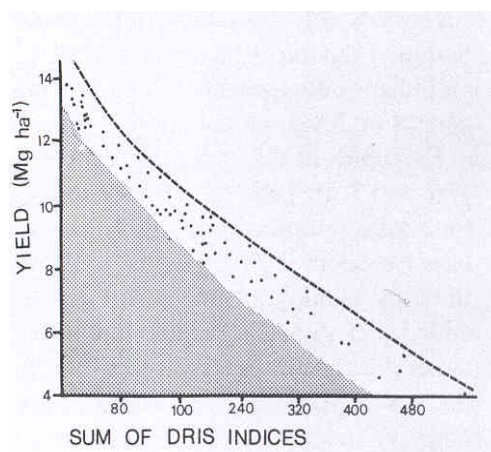
	C.V.	50,8	43,6	39,3	53,6	42,5	47,2
funciones		0,394	-38,169	-7,099	26,477	6,148	-26,994
índices		Fe	B	Mn	Zn		
		15	11	-31	5	Σ [I] = 61	
Diagnóstico (factor limitante)		Mn					
C.N.D.		Fe	B	Mn	Zn	R	G
Datos		0,000137	0,000048	0,000032	0,000021	0,999763	0,000336
	V <sub>A</sub>	-0,898	-1,945	-2,359	-2,796	7,999	
Normas	medias	0,000099	0,000030	0,000053	0,000017	0,999801	0,000306
	V <sub>a</sub>	-1,166	-2,360	-1,744	-2,887	8,157	
	S.D.	0,290	0,352	0,312	0,245	0,223	
índices		Fe	B	Mn	Zn	R	
		0,92	1,18	-1,97	0,37	-0,71	Σ [I] <sup>2</sup> = 6,15
Diagnóstico		Mn					

#### IV. INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES

El diagnóstico tradicional nos indica cuando un nutriente en particular está a un nivel alto, medio o bajo con respecto a unas normas fijas. Los demás sistemas de diagnósticos nos calculan un índice por cada nutriente.

En el caso del DOP y el CND si ese nutriente es menor de cero nos indicará que es deficiente y será más deficiente cuanto más negativo sea. De igual forma cuanto más alto sea un índice indicará mayor exceso relativo del nutriente.

**Figura N°7** Relación entre el rendimiento y la suma de los valores absolutos de los índices. (27)



La suma de los índices debe ser igual a cero. Y la suma de los valores absolutos de los índices será inversamente proporcional a la productividad. (Fig., 7)

En el caso del DRIS desarrollado para el olivo sería igual si solo hubiéramos considerado razones de divisiones entre dos elementos. En nuestro caso hemos considerado razones de tipo multiplicación ( ya que en el caso de los macronutrientes hay relaciones de tipo multiplicación que presentan mejor C.V.) por lo que la suma de los índices no es igual a cero y podemos considerar que un nutriente es deficiente si el valor de su índice es menor que la media de los índices. Y por ejemplo si una muestra da unos índices iguales o parecidos para los diferentes nutrientes, significará que estarán en equilibrio. De esta forma si restamos a cada uno de los índices la media de los índices, se obtienen unos valores que indican lo mismo que en el caso de los índices explicados anteriormente, es decir, menores de cero señala “deficiencias” y mayores señala “excesos”. La suma de cada uno de estos nuevos índices en valor absoluto, será inversamente proporcional a la productividad (Fig. 7).

En cuanto a los coeficientes de variación de las relaciones de los macronutrientes en el DRIS varían desde 12´3 para la relación P/N hasta 26´6 para la relación K x Ca. En el caso de los micronutrientes los C.V se duplican, quizás porque su rango de suficiencia relativo es mucho mayor que en los macronutrientes (4), variando desde 39´3 para Zn/Fe hasta 53´6 para el B/Mn.

Una gran producción sólo se podrá alcanzar cuando la suma de los índices es pequeña (nos referimos al sumatorio realizado de la forma anteriormente indicada), aunque también existen factores externos que pueden afectar a la producción como son el clima, las plagas etc.

Como se puede observar en la tabla nº1 la correlación de los diferentes sistemas de diagnóstico con la producción varía desde “media” para el sistema tradicional a “muy buena” para el sistema CND, por lo que, como es lógico, los diagnósticos para una misma muestra pueden variar al utilizar un sistema u otro. En general, los resultados de los sistemas DOP, DRIS y CND son parecidos, diferenciándose notablemente con el sistema tradicional.



## **VALIDACIÓN DE LAS NORMAS**

Todas las normas para el diagnóstico deben ser validadas mediante un análisis de los resultados obtenidos en la práctica, tras su aplicación.

Con este fin se puede realizar un seguimiento de una serie de explotaciones con las características estudiadas y aplicar el sistema de diagnóstico DRIS o CND con las normas obtenidas, para la recomendación de abonado. De esta forma y con el análisis de las producciones podremos valorar los beneficios y la precisión del sistema aplicado y en su caso proceder a la corrección y mejora.

La recomendación de abonado de un elemento cuyo índice es cero debe ser en general igual a las adecuadas exportaciones calculadas para ese cultivo. Tras el seguimiento de las fincas para la validación de las normas y el correspondiente estudio de las recomendaciones de abonado y posteriores producciones, se podrán traducir los índices obtenidos en el método de diagnóstico a unidades fertilizantes.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.- Gros, A., Domingez, A. *Abonos, guía practica de la fertilización*. Mundi-prensa 1992.
- 2.- Benon, J., Jones, Jr., Wolf, B. Harry, Mills H. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc.Athens, GA 1991;
- 3.- Lucena, J.J., *Methos Of Diagnosis Of Mineral Nutrition Of Plants A Critical Review*. Acta Hort. 1997, 448, 179-192.
- 4.- Beverly, R.b. *A practical guide to the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*; Micro-macro publishing, Inc.; Athens, GA, 1991
- 5.- Walworth, J.L.; Sumner, M.E. *The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*. Adv. Soil Sci. 1987, 6, 149-188
- 6.- Benon, J., Jones, Jr., Wolf, B. Harry, Mills H. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro. Publishing, Inc.Athens, GA 1991, 205-212.
- 7.- Walworth, J.I.; Woodard,H.J.; Sumner, M.E. *Use of aboundary lines in establishing diagnostic norms*. Commun. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:123-128. 1986a.
- 8.- Sumner, M.E. *Application of beaufil's diagnostic indices to maize data published in the literature irresoective of age and conditions*. Plant Soil, 46 (2), 359-369. 1977
- 9.- Sanz, M. *Evaluation of interpretation of DRIS system during the growing season of the peach tree*: Commun. Soil Sci. Plant Anal, 30 (7&8), 1025-1036. 1990
- 10.- Cadahía, C. *Fertirrigación, cultivos y ornamentales*.Mundi-prensa. 1998.
- 11.- Pastor, M. *La fertilización en el olivar de regadío*. Master en fertilizantes y medio ambiente. 2002.
- 12.- Eymar, E. Cadahía, C. Sánchez, A. *Foliar nutrient reference levels obtained in hydroponic cultures as preliminary norms for DRIS to fertigate conifers*. Commun. Soil. Sci. Plant Anal.,32(1&2), 267-282. 2001.
- 13.- Ministerio de Agricultura pesca y alimentación. *Métodos oficiales de análisis. Tomo III. Suelos, aguas, fertilizantes y plantas*. MAPA. 1994.
- 14.- Hernandez, V. y Cadahía, C. *El análisis de savia, como índice de fertilización. Estudio comparativo con el análisis foliar*. Manuales de ciencias Actual nº 7 C.S.I.C. 1973.
- 15.- Pastor M.; Navarro,C.; Vega, V.; Castro, J. *Fertilización del olivar cap. IV. Manejo del olivar con riego por goteo*. Informaciones técnicas 41/96, 64-105 Junta de Andalucía.

- 16.- Barranco, D., Fernanez-Escobar, R., Rallo, L. *El cultivo del olivo*. Mundi-prensa. Madrid. 2001.
- 17.- Ferreira, J., García-Ortiz, A., Frias, L., Fernandez, A., *Los nutrientes N, P, K en la fertilidad del olivar*: Olea, 17. 1986.
- 18.- Kenworthy, A. L. *Leaf Analysis as an aid in fertilizing orchards*, In L. M. Walsh and J. D. Beaton (Ed) *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Sci. Soc. Am. Madison WI.. 381-392. 1973
- 19.- Sarro, M.J., *Nuevo método para el control de la nutrición en hidroponía. Aplicación de electrodos selectivos de iones*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 1983
- 20.- Montañés, L., Heras, L. Sanz, M. desviación del óptimo porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal. *An. Aula Dei* 20 (3-4). 93-107. 1991
- 21.- Parent, L. E., M. Darfir. *A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis*. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239-242. 1992
- 22.- Departamento técnico Agronómico de Fesa–Enfersa. *Análisis de vegetales*, curso para la Dirección General de Investigaciones Agraria. Fesa–Enfersa 1990.
- 23.- Ministerio de Agricultura. *El olivar Español*. 136 pp. Madrid. 1972.
- 24.- Civantos, M. *Gestión integrada en el olivar (Cap. Sanidad del olivar)*. Agrofuturo, 39-44, 1998.
- 25.- Carpena-Artés, O., Carpena-Ruiz, R. O. Balance nutriente evolutivo: Aplicaciones. *Anal. Edafol. Y Agrobiol.* 41 (7-8): 1355-1371. 1982.
- 26.- Beaufils, E. R. *Physiological diagnosis- A guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees*. Fertil. Soc. s. Afr. J. 1:1-28. 1971.
- 27.- Sumner, M.E. *Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels*. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 8:251-268. 1977<sup>a</sup>.
- 28.- Sumner, M.E. *The diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) as guide to orchard fertilization*. Food & Fertil. Technology Center, Ext. Bull. 231, FFTC/APAC, Taipei, Taiwan, R.O.C.

